

NAVLivre 1.0 Procedimentos de instalação e utilização



```
# Diretorio onde
set dirim = "/home/noaa/NAVLivre"

# Sigla do recorte
set uf = sp
set ufma = echo $uf | awk '{print toupper($0)}'

# Diretorio do recorte
set dir = "/home/noaa/NAVLivre/imagens/$ufma"

# Diretorio de saida
set dirsai = "$dir/saida/"

# Definicao do nome da imagem mascara e imagens bases
set mascara = mascara_sp.img
set verao = 20070216_1306_n17_sp_base.4
set outono = 20060518_1310_n17_sp_base.4
set primavera = 20071004_1258_n17_sp_base.4
set inverno = 20050803_1313_n17_sp_base.4

# Definicao do canais para processamento
set canais = 1234567
```

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Informática Agropecuária
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 100

NAVLivre 1.0 Procedimentos de instalação e utilização

*Júlio César Dalla Mora Esquerdo
João Francisco Gonçalves Antunes*

Embrapa Informática Agropecuária
Campinas, SP
2010

Embrapa Informática Agropecuária

Av. André Tosello, 209 - Barão Geraldo
Caixa Postal 6041 - 13083-886 - Campinas, SP
Fone: (19) 3211-5700 - Fax: (19) 3211-5754
www.cnptia.embrapa.br
sac@cnptia.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: *Silvia Maria Fonseca Silveira Massruhá*

Membros: *Poliana Fernanda Giachetto, Roberto Hiroshi Higa, Stanley Robson de Medeiros Oliveira, Maria Goretti Gurgel Praxedes, Adriana Farah Gonzalez, Neide Makiko Furukawa*

Membros suplentes: *Alexandre de Castro, Fernando Attique Máximo, Paula Regina Kuser Falcão*

Supervisor editorial: *Neide Makiko Furukawa*

Revisor de texto: *Adriana Farah Gonzalez*

Normalização bibliográfica: *Maria Goretti Gurgel Praxedes*

Editoração eletrônica: *Neide Makiko Furukawa*

Secretária: *Carla Cristiane Osawa*

1ª edição on-line 2010

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Embrapa Informática Agropecuária

Esquerdo, Júlio César Dalla Mora

NAVLivre 1.0: procedimento de instalação e utilização /
Júlio César Dalla Mora Esquerdo, João Francisco Gonçalves
Antunes. - Campinas : Embrapa Informática Agropecuária, 2010.

30 p. : il. ; (Documentos / Embrapa Informática
Agropecuária, ISSN 1677-9274 ; 100).

1. Software livre. 2. Processamento de imagem. 3. AVHRR/
NOAA. I. Antunes, João Francisco Gonçalves. II. Título. III.
Série.

CDD 005 (21.ed.)

© Embrapa 2010

Autores

Júlio César Dalla Mora Esquerdo

Doutor em Engenharia Agrícola
Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária
Av. André Tosello, 209, Barão Geraldo
Caixa Postal 6041 - 13083-970 - Campinas, SP
Telefone: (19) 3211-5820
e-mail: julio@cnptia.embrapa.br

João Francisco Gonçalves Antunes

Mestre em Engenharia Agrícola
Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária
Telefone: (19) 3211-5847
e-mail: joaof@cnptia.embrapa.br

Apresentação

Este documento apresenta os procedimentos para instalação e utilização do sistema NAVLivre 1.0, um software de código livre desenvolvido para o processamento automático de imagens do sensor Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) a bordo dos satélites da National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA).

O NAVLivre é uma derivação do sistema NAVPRO, criado pela Embrapa Informática Agropecuária em parceria com a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), que contou com o repasse do pacote computacional NAV (NAVigation), desenvolvido pelo Colorado Center for Astrodynamics Research (CCAR), da Universidade do Colorado, Boulder, EUA.

O diferencial do NAVLivre é a ausência dos módulos desenvolvidos em Interactive Data Language (IDL), presentes no NAVPRO, e dependentes de softwares proprietários. O NAVLivre é um pacote totalmente livre, que realiza de forma automática as principais etapas do processamento das imagens NOAA, como a correção radiométrica, o georreferenciamento preciso e a geração da imagem final em formato GeoTIFF, compatível com os principais pacotes de processamento de imagens.

O NAVLivre é executado em plataforma Linux e foi implementado em script *c-shell* e linguagem C. Seu uso é indicado aos usuários avançados de imagens NOAA, que demandam o processamento em lote de grandes volumes de dados. As rotinas e scripts aqui descritos são de domínio público, podendo ser alterados conforme necessidade do usuário.

Kleber Xavier Sampaio de Souza

Chefe-Geral

Embrapa Informática Agropecuária

Sumário

1	Introdução	9
2	Procedimentos de instalação	11
2.1	Pré-requisitos	11
2.2	Instalação do NAVLivre	12
2.3	Configuração da <i>shell</i>	13
3	Procedimentos de utilização	13
3.1	Noções gerais do funcionamento do sistema	13
3.2	Executando o script navlivre : processamento completo de recortes espaciais	15
3.3	Executando o script navcena : processamento parcial de toda a extensão da imagem	20
3.4	Preparação do NAVLivre para o processamento completo das imagens	21
3.4.1	Configuração do script navlivre	22
3.4.2	Procedimentos para geração da imagem base	24
3.4.3	Procedimentos para geração da máscara terra-água	27
3.4.4	Configuração do arquivo mp.seed	27
3.5	Atualizações necessárias do pacote NAVLivre	28
3.5.1	Atualização do arquivo de efemérides	28
3.5.2	Atualização dos coeficientes de calibração	29
4	Agradecimentos	30

NAVLivre 1.0

Procedimentos de instalação e utilização

*Júlio César Dalla Mora Esquerdo
João Francisco Gonçalves Antunes*

1 Introdução

As imagens de satélites são fonte importante de informações da superfície terrestre. O usuário comum tem hoje a sua disposição uma série de produtos gerados por sensores com as mais variadas características espectrais, espaciais e temporais. Grande parte desses produtos permite uma visão sinóptica e temporal da superfície terrestre, gerando informações essenciais para o monitoramento agrícola e ambiental.

O sensor Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) está presente nos satélites da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) e gera imagens da superfície terrestre nas faixas espectrais do visível (vermelho) e infravermelho (próximo, médio e termal), numa resolução espacial de 1,1 km. Atualmente estão em funcionamento os satélites NOAA-15, 17, 18 e 19, cujas imagens são recebidas por diversas instituições brasileiras, como o Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (Cepagri) da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), entre outras.

Uma das maiores vantagens das plataformas orbitais NOAA é seu curto tempo de revisita. A cada 12 horas, um satélite NOAA é capaz de imagear um mesmo ponto da superfície terrestre. Esta elevada resolução temporal

permite uma visão mais frequente da superfície terrestre, possibilitando a observação da dinâmica espectral de diversos alvos. No caso da agricultura, esses dados têm especial importância no monitoramento de culturas anuais e semi-perenes, como a soja e a cana-de-açúcar.

As imagens brutas recebidas nas estações devem passar por uma série de processamentos antes de serem utilizadas pelo usuário final. Pela grande quantidade de dados gerados pelo sensor AVHRR, surgiu uma demanda por sistemas automáticos de processamento desse tipo de imagem em larga escala, capazes de operacionalizar todos os procedimentos sem a intervenção humana, resultando em produtos com elevada qualidade cartográfica.

O NAVLivre é uma derivação do pacote NAVPRO, criado pela Embrapa Informática Agropecuária em parceria com a Unicamp, que contou com o repasse do pacote computacional NAV (NAVigation), desenvolvido pelo Colorado Center for Astrodynamics Research (CCAR), da Universidade do Colorado, Boulder, EUA. O NAVLivre é composto por uma série de módulos que vão desde a conversão do formato bruto gravado nas estações de recebimento, até a geração de imagens finais em formato GeoTIFF, compatíveis com a maioria dos processadores de imagens e Sistemas de Informações Geográficas (SIG). O NAVLivre foi desenvolvido em linguagem C e scripts *c-shell*, que executam comandos do pacote NAV, composto por uma série de programas executados via linha de comando, envolvendo conversão de formatos brutos, correção de linhas da imagem, calibração radiométrica e georreferenciamento preciso. Os scripts são roteiros ou sequências de comandos desenvolvidos para automatizar a execução de todos esses programas, evitando intervenções por parte do usuário. Para executá-los é necessário ter em mãos um conjunto de imagens para o correto funcionamento do sistema, como será descrito neste documento.

A principal etapa do processamento é o georreferenciamento preciso, responsável pela qualidade cartográfica das imagens de saída. Aqui definimos qualidade cartográfica como erros de posicionamento não superiores a um pixel (ou 1,1 km), padrão aceito para imagens de baixa resolução espacial. O método de georreferenciamento é baseado em um modelo orbital Kepleriano, alimentado por parâmetros orbitais extraídos dos dados de efemérides. A diferença é que esse modelo orbital pode também ser alimentado com parâmetros mais acurados, estimados após a passagem do satélite, tornando sua precisão sensivelmente melhor. A estimativa

desses parâmetros após a passagem do satélite é realizada pelo método de navegação indireta.

Na navegação indireta, os parâmetros de posicionamento do satélite (*roll*, *pitch* e *yaw*) são estimados por meio de pontos de controle coletados manualmente entre a imagem alvo e uma base cartográfica precisa. Para eliminar totalmente qualquer intervenção humana, o sistema faz uso da técnica da Máxima Correlação Cruzada (MCC) para automaticamente coletar os pontos de controle a partir da comparação entre uma imagem alvo e uma imagem base.

A imagem base serve como uma referência cartográfica, e as imagens processadas tendem a apresentar a sua mesma acurácia geométrica. Neste documento são descritos os passos para sua elaboração, que deve seguir algumas recomendações. A principal delas é a sua área de abrangência, em que é recomendado o uso de recortes espaciais, evitando-se o uso de toda a extensão da cena AVHRR.

Neste documento são apresentadas informações importantes para a correta instalação do sistema NAVLivre e sua utilização. Todos os procedimentos são executados via linha de comando, por meio de scripts, cujas configurações e funcionamento serão aqui detalhados.

O NAVLivre é executado em plataforma Linux e seu uso é indicado aos usuários avançados de imagens NOAA, que demandam o processamento em lote de grandes volumes de dados. As rotinas e scripts aqui descritos são de domínio público, podendo ser alterados conforme necessidade do usuário. O sistema não apresenta qualquer dependência a softwares proprietários ou licenças pagas.

2 Procedimentos de instalação

2.1 Pré-requisitos

- Sistema Operacional: Linux (Red Hat, Fedora Core, Debian e Kubuntu).
- *Shell*: tcsh
- Compiladores gcc e g++

Para o correto processo de compilação, devem ser definidos os links para a chamada dos compiladores, com os termos gcc, cc, g++ e c++. Se os links já não estiverem definidos, deve-se executar os seguintes comandos com privilégios de administrador (super usuário). No exemplo a seguir, foi considerada a versão 4.4.1 dos compiladores gcc e g++.

```
$> sudo bash
~# cd /usr/bin
~# ln -s /usr/bin/gcc-4.4.1 gcc
~# ln -s gcc cc
~# ln -s /usr/bin/g++-4.4.1 g++
~# ln -s g++ c++
```

2.2 Instalação do NAVLivre

- Criar o diretório 'NAVLivre' em uma pasta de usuário. Neste documento o padrão de usuário utilizado será 'noaa' e o pacote será instalado em '/home/noaa/NAVLivre'. Notar que no ambiente Linux o nome dos arquivos e pastas são sensíveis à caixa alta.

```
$> cd
$> mkdir NAVLivre
```

- Copiar os arquivos 'navlivre.tar' e 'instalador_navlivre.sh' para a pasta NAVLivre.

```
$> cd NAVLivre
$> cp /cdrom/navlivre.tar instalador_navlivre.sh
```

- Executar o script instalador_navlivre.sh

```
$> ./instalador_navlivre.sh
```

Durante a instalação são impressas na tela mensagens de erro (warnings de compilação) que não devem causar problemas de funcionamento no programa NAVLivre. Para armazenar as mensagens da instalação, o usuário pode executar o script de instalação e direcionar a saída a um arquivo texto.

```
$> ./instalador_navlivre.sh >& log.txt
```

Após a instalação são criados subdiretórios com os seguintes conteúdos:

- extras: imagens e arquivos vetoriais auxiliares.
- geotiff: códigos e programas utilizados para conversão das imagens em formato GeoTIFF, incluindo as bibliotecas GDAL¹, presentes no pacote gratuito FWTools.
- imagens: local de armazenamento das imagens NOAA de entrada e de saída, incluindo os scripts de execução dos processamentos.
- NAV: códigos e programas do pacote NAV.

2.3 Configuração da *shell*

Após a instalação, o usuário deve configurar a *shell*, incluindo no arquivo `‘.cshrc’` as seguintes linhas, considerando o usuário e o diretório de instalação definidos no item 2.2:

```
$> kate2.cshrc
```

```
# NAVLivre
setenv NAV /home/noaa/NAVLivre/NAV
set path = ($path $NAV/bin $NAV/utils)
```

Após esse procedimento, o sistema deve ser reiniciado.

3 Procedimentos de utilização

3.1 Noções gerais do funcionamento do sistema

O NAVLivre é executado a partir de scripts implementados em linguagem c-shell, que contêm sequências de comandos encadeados e parametrizados, em que o usuário deve informar apenas o nome da imagem de entra-

¹ GDAL é um pacote de bibliotecas livres utilizadas para leitura e gravação de dados geoespaciais.

² Kate é o nome do editor de textos carregado em ambiente gráfico no sistema operacional Kubuntu. Qualquer outro editor de texto pode ser utilizado, como o Vim ou o OpenOffice.

da. A partir daí, as várias etapas do processamento das imagens AVHRR-NOAA são executadas, informações são impressas na tela e arquivos de saída são gerados.

Há dois scripts principais de execução dentro do pacote NAVLivre: o **navlivre** e o **navcena**. O **navlivre** é responsável pelo processamento completo das imagens AVHRR-NOAA, executando todos os módulos do sistema, desde a conversão do formato de entrada até a geração da imagem de saída, em formato GeoTIFF. Esse script é recomendado para o processamento de recortes espaciais de uma passagem, como regiões estaduais ou qualquer outra sub-região definida pelo usuário. As imagens processadas de forma completa, desde que livres de nuvens, tendem a apresentar o georreferenciamento preciso, com erros de posicionamento não superiores a um pixel. Para sua correta execução, o script **navlivre** depende de um conjunto de imagens e configurações específicas para cada tipo de recorte espacial, que devem ser preparadas pelo usuário, como será visto adiante. O pacote NAVLivre já disponibiliza o conjunto de arquivos auxiliares e as configurações específicas para o processamento dos recortes envolvendo o estado de São Paulo e a região Nordeste.

O outro script principal, o **navcena**, é responsável pelo processamento parcial das imagens, executando alguns dos módulos do script **navlivre** e sem considerar recortes espaciais ou sub-regiões. Esse script é recomendado para o processamento de toda a extensão da imagem, de forma a se obter uma visualização da passagem completa do satélite em uma resolução espacial baixa e sem garantia de precisão geométrica. Sua execução é mais rápida, uma vez que não são executados os módulos de conversão radiométrica e georreferenciamento preciso.

A estrutura geral de diretórios segue um padrão recomendado para armazenamento das imagens de entrada e de saída. Após a instalação do NAVLivre, a estrutura de diretórios é a seguinte:

```
NAVLivre
  extras
  geotiff
  imagens
    CENA
    NE
    SP
  NAV
```

As imagens brutas de entrada são armazenadas na pasta 'imagens'. O pacote NAVLivre é compatível com imagens brutas no formato HRPT-LAC (Level 1B) e Telonics T-RIS, cuja nomenclatura deve seguir o padrão definido no item 3.2. Os scripts de execução, os arquivos auxiliares e as imagens de saída são armazenados em sub-pastas dentro de 'imagens'. As sub-pastas 'NE' e 'SP' contêm os scripts e os arquivos auxiliares para processamento do recorte espacial da região Nordeste (NE) e do recorte espacial do estado de São Paulo (SP), respectivamente.

A seguir é detalhado o funcionamento dos *scripts navlivre* e *navcena*.

3.2 Executando o script navlivre: processamento completo de recortes espaciais

Para que o script **navlivre** possa ser executado com sucesso, é preciso ter em mãos um conjunto de arquivos essenciais para o correto funcionamento do sistema, bem como definir alguns parâmetros no corpo do script. Os dados necessários para o processamento das imagens por meio do script **navlivre** são:

Imagem bruta AVHRR-NOAA

Imagens base

Imagem da máscara terra/água

Arquivo mp.seed

Script **navlivre** configurado para uma determinada região

Para usuários de imagens do estado de São Paulo e da região Nordeste, todos os arquivos necessários já estão presentes e as configurações do script já foram definidas, bastando o usuário realizar a chamada do script **navlivre** e a imagem bruta de entrada. No caso do recorte de outros estados ou regiões, o usuário deve reunir os arquivos essenciais e modificar as configurações do script **navlivre**, conforme será discutido no item 3.4.

O sistema NAVLivre é compatível com imagens brutas no formato HRPT-LAC (Level 1B) ou no formato Telonics T-RIS. A nomenclatura dos arquivos deve seguir o padrão:

AAAAMMDD_HHMM_nII com extensão .i ou .l1b

onde,

AAAAMMDD = data (Ano, Mês e Dia)

HHMM = hora da recepção da imagem (Hora, Minuto)

nll = número do satélite NOAA

Para o processamento das imagens AVHRR-NOAA adotando-se como exemplo o recorte do estado de São Paulo e a imagem '20070604_1315_n17.11b', fornecida junto ao pacote, o usuário deve executar:

```
$> cd /home/noaa/NAVLibre/imagens/SP
```

```
$> navlivre 20070604_1315_n17.11b
```

A partir daí o script **navlivre** inicia o processamento completo da imagem de entrada, seguindo as etapas descritas no fluxograma da Figura 1.

As etapas iniciais de processamento incluem a conversão do formato bruto e a correção de linhas faltantes na imagem de entrada. Em seguida

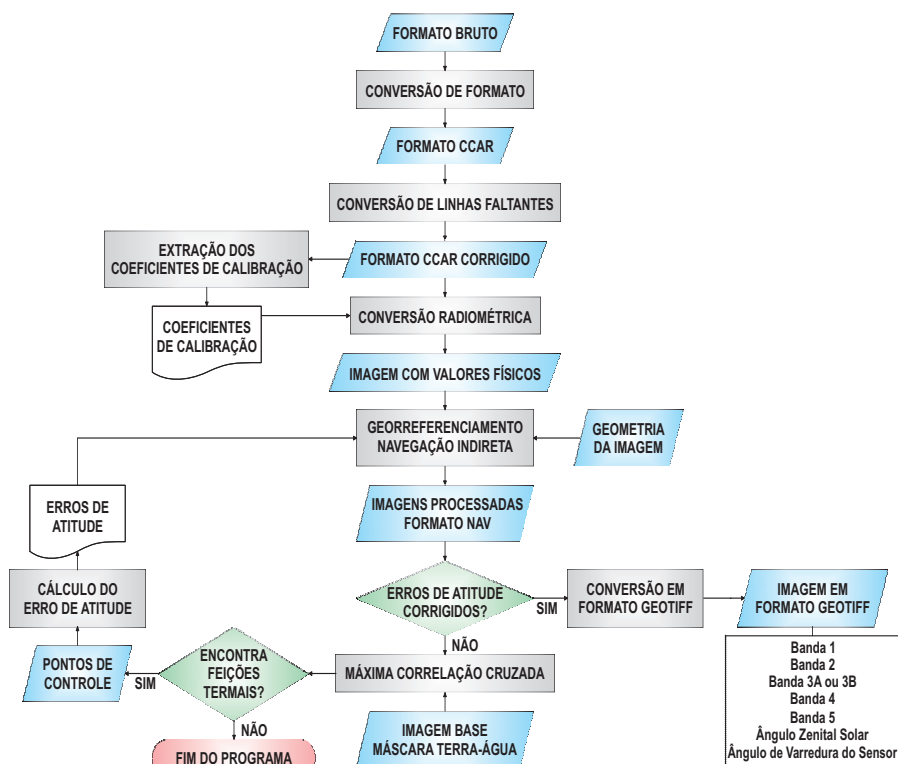


Figura 1. Fluxograma de funcionamento do sistema NAVLibre.

são extraídos os coeficientes de calibração, necessários no processo de conversão radiométrica das bandas, em que os valores digitais da imagem são transformados em valores físicos de refletância aparente (para as bandas 1, 2 e 3A) e temperatura de brilho (para as bandas 3B, 4 e 5). Terminada a conversão radiométrica, o sistema inicia o processo de georreferenciamento preciso das imagens. Na primeira etapa desse processo, é executado o georreferenciamento aplicando-se um modelo orbital de predição, sem a inclusão de informações sobre o erro de atitude³ do satélite no momento da passagem. Desse processo resultam as imagens georreferenciadas, porém com acurácia fora da margem aceitável, de um pixel. A partir daí, inicia-se a segunda etapa do processo de georreferenciamento preciso, em que as imagens resultantes da primeira etapa são comparadas a um conjunto de imagens base, com alta precisão cartográfica, de forma a se identificar pontos de controle, ou seja, feições geográficas comuns entre elas. Esse processo é realizado de forma automática por meio da técnica denominada MCC. Uma vez encontrados esses pontos de controle, um algoritmo determina os erros de atitude que, por sua vez, são utilizados para executar novamente o processo de georreferenciamento por meio do modelo orbital de predição, resultando em imagens com erros dentro da margem aceitável. Caso não sejam encontrados pontos de controle entre a imagem de entrada e a imagem base, o processo é finalizado. Esse método baseia-se no fato de que a maior parte dos erros de georreferenciamento é devida aos erros de atitude da plataforma orbital. Quando tais erros são conhecidos e considerados, o deslocamento final das imagens é minimizado.

Após o georreferenciamento preciso, é executada a etapa de conversão dos arquivos para o formato GeoTIFF, quando as imagens são gravadas em formato inteiro, multiplicado por 10 para redução do tamanho final dos arquivos, dentro de uma sub-pasta chamada 'saida'. O usuário tem a opção de definir quais as bandas espectrais serão processadas e também se as imagens contendo o ângulo de varredura do sensor e o ângulo zenital solar serão disponibilizadas.

Após o processamento da imagem '20070604_1315_n17.l1b' para o recorte do estado de São Paulo, tomados como exemplo, o sistema imprime as informações finais na tela:

³ Atitude refere-se aos ângulos de movimentação da plataforma orbital: roll, pitch e yaw.

** CONVERSAO PARA O FORMATO GEOTIFF **

Bandas Encontradas: 7
20070604_1315_n17_sp.1
20070604_1315_n17_sp.2
20070604_1315_n17_sp.3
20070604_1315_n17_sp.4
20070604_1315_n17_sp.5
20070604_1315_n17_sp.sza
20070604_1315_n17_sp.elev

Numero de linhas: 748

Numero de colunas: 950

Latitude canto superior esquerdo: -18.809894

Longitude canto superior esquerdo: -53.360001

Tamanho do pixel em X: 0.009905

Tamanho do pixel em Y: 0.009947

Imagem processada gravada em /home/noaa/NAVLivre/imagens/SP/
saida/

** PROCESSO FINALIZADO **

O nome do arquivo de saída segue o padrão:

<nome_da_imagem>_<sigla_do_recorte>_<bandas_processadas>.tif

Para o exemplo utilizado, o nome da imagem de saída é:

20070604_1315_n17_sp_1234567.tif

onde,

20070604_1315_n17 = nome da imagem de entrada;

sp = sigla do recorte, definida pelo usuário. Nesse caso, o estado de São Paulo;

1234567 = número de bandas do arquivo de saída. Aqui, as cinco bandas espectrais e as duas imagens de ângulos (varredura do sensor e zênite solar).

As demais informações impressas referem-se à geometria da imagem, como o número de linhas e colunas, as coordenadas do canto superior esquerdo e o tamanho do pixel, em graus. As imagens são sempre gravadas adotando-se a projeção geográfica e o datum WGS-84. O usuário tem a opção de gerar um arquivo ASCII contendo o nome das bandas da imagem

de saída. Nesse exemplo, o arquivo ASCII irá conter:

```
$> kate 20070604_1315_n17_sp.txt
```

Banda 1 - Refletancia aparente - % (x 10)

Banda 2 - Refletancia aparente - % (x 10)

Banda 3 - Refletancia aparente - % (x 10)

Banda 4 - Temperatura de brilho - K (x 10)

Banda 5 - Temperatura de brilho - K (x 10)

Banda 6 - Angulo zenital solar - graus (x 10)

Banda 7 - Angulo de varredura do sensor - graus (x 10)

A Figura 2 ilustra as imagens processadas pelo pacote NAVLivre, sendo as cinco faixas espectrais (bandas 1 a 5) e os dois arquivos de ângulos (6 e 7).

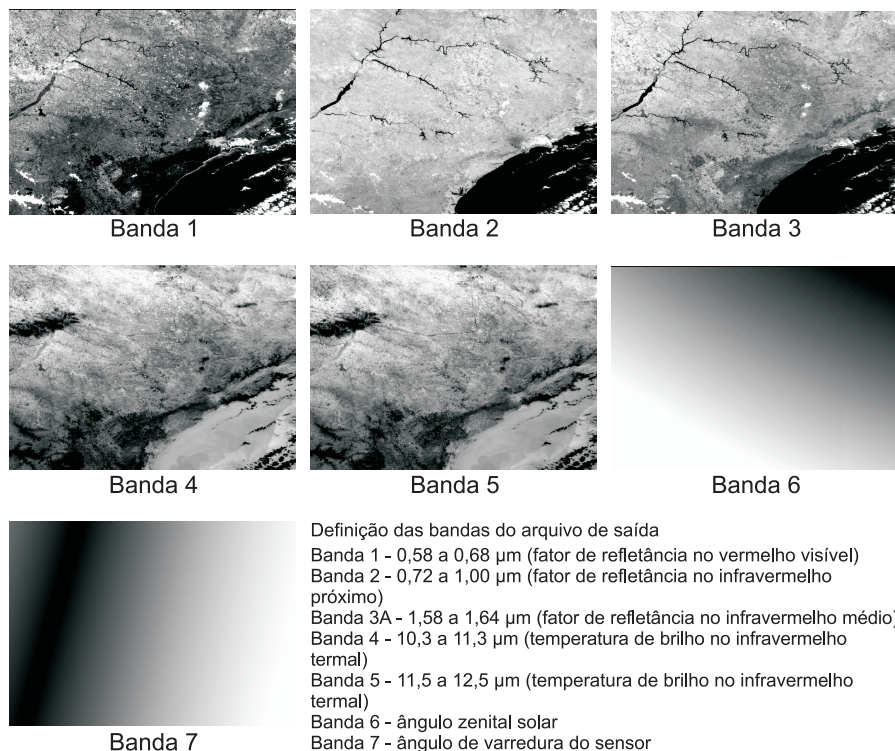


Figura 2. Imagens processadas pelo pacote NAVLivre, cobrindo o recorte geográfico do estado de São Paulo.

O formato GeoTIFF pode ser aberto pela maioria dos processadores de imagens e pacotes de SIG. O NAVLivre disponibiliza ao usuário o programa OpenEV⁴, um software livre contendo bibliotecas para visualização e análise de dados matriciais e vetoriais. Para visualizar a imagem gerada neste exemplo, o usuário deve fazer a chamada do software OpenEV, seguido do nome da imagem GeoTIFF. O pacote OpenEV permite ao usuário gerar composições coloridas, conforme ilustra a Figura 3.

```
$> openev 20070604_1315_n17_sp_1234567.tif
```

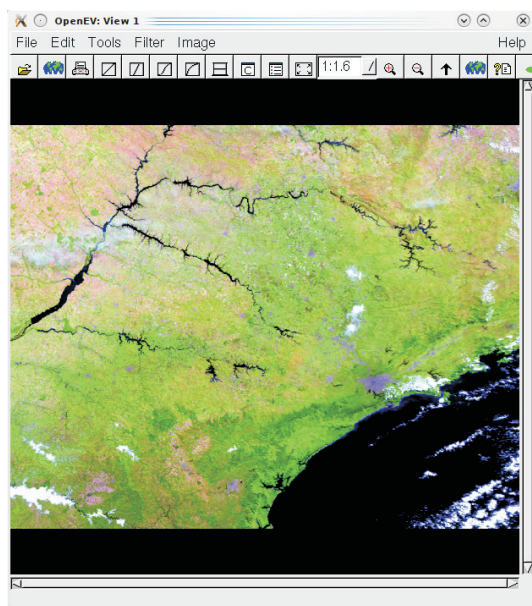


Figura 3. Imagem processada do estado de São Paulo, visualizada no programa OpenEV, em composição colorida RGB-321.

3.3 Executando o script navcena: processamento parcial de toda a extensão da imagem

O script **navcena** permite a geração de uma imagem que engloba toda a extensão da cena AVHRR, sem recortes. A imagem gerada apresenta baixa resolução, bandas não calibradas e sem garantia de georreferenciamento preciso. Para o processamento da imagem AVHRR-NOAA

⁴ Disponível em <http://openev.sourceforge.net>.

'20070604_1315_n17.l1b', fornecida junto ao pacote, o usuário deve executar:

```
$> cd /home/noaa/NAVLivre/imagens/CENA  
$> navcena 20070604_1315_n17.l1b
```

O processamento das imagens por meio do script **navcena** tem execução mais rápida, uma vez que o fluxograma da Figura 1 é parcialmente executado. Para visualizar as imagens geradas, o usuário pode utilizar o programa OpenEV (Figura 4).

```
$> openev 20070604_1315_n17_sp_123.tif
```

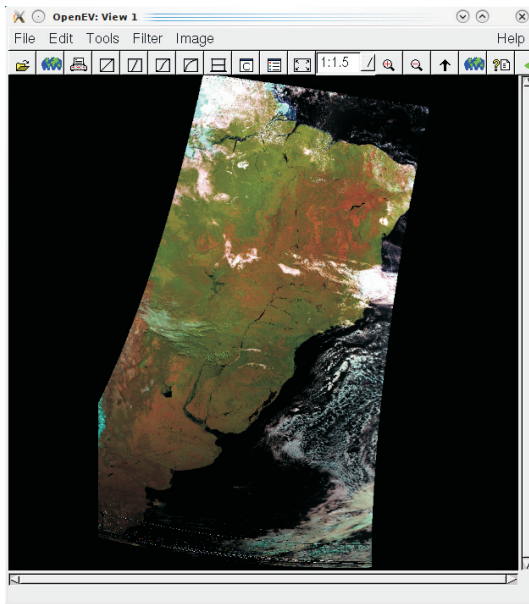


Figura 4. Imagem gerada pelo script **navcena**, contendo toda a passagem do satélite, visualizada no programa OpenEV, em composição colorida RGB-321.

3.4 Preparação do NAVLivre para o processamento completo das imagens

Conforme já mencionado, a execução do script **navlivre** depende de configurações e de um conjunto de dados auxiliares que devem ser fornecidos pelo usuário, a saber: imagens base, máscara terra-água e arquivo mp.seed. A seguir são descritos as configurações necessárias e os passos

para a geração dos dados auxiliares na preparação do NAVLivre para o processamento do recorte do estado de São Paulo.

3.4.1 Configuração do script navlivre

No script **navlivre** deve ser configurada uma série de parâmetros necessários ao correto funcionamento do sistema NAVLivre. Os parâmetros referem-se à localização das imagens de entrada e saída, geometria da imagem de saída, nome das imagens base, etc., que estão localizados no início do script. O exemplo a seguir ilustra as configurações necessárias para o processamento do recorte do estado de São Paulo.

```
$> cd /home/noaa/NAVLivre/imagens/SP
```

```
$> kate navlivre
```

```
# -----  
# CONFIGURACOES DO SCRIPT - EDICAO APENAS AQUI  
# Diretorio onde localizam-se as imagens brutas  
set dirim = "/home/noaa/NAVLivre/imagens/"  
# Sigla do recorte  
set uf = sp  
set ufma = `echo $uf | awk '{print toupper($0)}'`  
# Diretorio do recorte  
set dir = "/home/noaa/NAVLivre/imagens/$ufma"  
# Diretorio de saida  
set dirsai = "$dir/saida/"  
# Definicao do nome da imagem mascara e imagens bases  
set mascara = mascara_sp.img  
set verao = 20070216_1306_n17_sp_base.4  
set outono = 20060518_1310_n17_sp_base.4  
set primavera = 20071004_1258_n17_sp_base.4  
set inverno = 20050803_1313_n17_sp_base.4  
# Definicao do canais para processamento  
set canais = 1234567  
# Definicao da geometria do recorte  
# Estado de Sao Paulo
```

```

set linhas = 750
set colunas = 950
set lat_central = -22.53
set lon_central = -48.65

# Geracao do GeoTIFF
# Todas as bandas em unico arquivo 1=SIM, 0=NAO
set multi = 1

# Gerar TXT com o nome das bandas 1=SIM, 0=NAO
set txt = 1

# -----

```

Definições necessárias:

dirim : diretório das imagens brutas de entrada (com '/' no final);
 uf : sigla da região de recorte. Exemplo: sp, pr, ne, etc.;
 dirim : diretório de saída das imagens processadas (com '/' no final);
 mascara : nome da máscara terra/água;
 primavera : nome da imagem base da primavera;
 verao : nome da imagem base do verão;
 outono : nome da imagem base do outono;
 inverno : nome da imagem base do inverno;
 canais : definição dos canais espectrais a serem processados (1-5) e ângulos (6-7);
 linhas : número de linhas da imagem de saída;
 colunas : número de colunas da imagem de saída;
 lat_central : latitude, em graus decimais, do centro da imagem;
 lon_central : longitude, em graus decimais, do centro da imagem;
 multi : opção para gravar todas as bandas em um único arquivo ou uma banda por arquivo;
 txt : opção para geração de arquivo texto com o nome das bandas de saída.

Neste exemplo, a imagem de saída terá sete bandas (cinco faixas espectrais e duas bandas com os ângulos de varredura do sensor e do zênite solar). A imagem terá 950 colunas e 748⁵ linhas, centrada nas coordenadas

⁵ A imagem de saída apresenta duas linhas a menos em relação ao valor informado no script. A exclusão das duas primeiras linhas da imagem é necessária para eliminar seu cabeçalho, que não contém valores espectrais.

-22,53 e -48,65, e o georreferenciamento preciso levará em conta quatro imagens base, uma para cada estação do ano.

3.4.2 Procedimentos para geração da imagem base

A imagem base é utilizada como referência na coleta automática de pontos de controle para o georreferenciamento de uma dada imagem de entrada. Podem ser utilizadas entre uma e quatro imagens base, cuja qualidade radiométrica e geométrica é de fundamental importância para a performance do sistema no que se refere à precisão do georreferenciamento automático. As imagens base devem ter mínima presença de nuvens, serem próximas ao nadir e estarem temporalmente próximas à imagem alvo. Para melhor performance do processo de georreferenciamento, sugere-se o uso de uma imagem base para cada estação do ano, embora isso não seja limitante ao funcionamento do sistema.

O trabalho começa na seleção de imagens com características desejáveis para atuar como base. Para facilitar esse processo de seleção, o NAVLivre disponibiliza o script **navbase** que auxilia o usuário no processamento de um conjunto de imagens candidatas. Em seguida deve ser feita a coleta de pontos de controle entre a imagem candidata e uma referência cartográfica precisa (mapas, pontos de GPS ou outras imagens com georreferenciamento preciso). Ressalta-se que no exemplo a seguir, o script **navbase** está configurado para geração de imagens base cobrindo o recorte do estado de São Paulo.

Acionando o script **navbase**

O script **navbase** funciona de forma semelhante ao script **navlivre**, com a diferença de que apenas uma parte do sistema de georreferenciamento é acionada. O script **navbase** é utilizado para gerar imagens base e por essa razão não é necessário defini-las no corpo do script, conforme ocorre no script **navlivre**. Seus parâmetros devem ser alterados conforme descrito no item 3.4.1, em que especial importância deve ser dada para a definição da geometria da imagem de saída. O exemplo a seguir ilustra a execução do script **navbase** para a geração de uma imagem base para o estado de São Paulo a partir da imagem bruta '20070604_1315_n17.l1b':

```
$> cd /home/noaa/NAVLivre/imagens/SP  
$> navbase 20070604_1315_n17.l1b
```


Arquivos gerados: 20070604_1315_n17_sp_previa_247.tif, no diretório
 ‘saida’
 20070604_1315_n17_sp_previa.4, no diretório corrente

O script **navbase** pode ser acionado para várias imagens brutas a fim de se selecionar uma imagem com as características desejáveis. Uma vez encontrada, essa imagem será corrigida manualmente por meio de pontos de controle, como explicado no próximo item.

Coletando os pontos de controle

A imagem candidata à base deve ser aberta em qualquer software de processamento de imagens em que possa ser feita a coleta de, no mínimo, dois pontos de controle. Qualquer base cartográfica precisa pode ser utilizada como referência nesse processo, sendo recomendado o uso do arquivo vetorial com divisões políticas do IBGE (uf.shp), fornecido pelo pacote NAVLivre (no sub-diretório ‘extras’). É extremamente necessário que a coleta seja a mais precisa possível, com erros não maiores a 1 km, caso contrário a base perde precisão geométrica. Pequenas ilhas, costas e pequenos lagos são bons pontos de controle. A coleta deve ser realizada em locais distantes entre si, opostos ao centro do recorte da imagem. Recomenda-se também consultar as informações da banda 7 (ângulo de varredura do sensor), para verificar se a imagem candidata está próxima do centro da passagem (nadir).

Inserindo os pontos de controle no arquivo attitude.data

Os pontos de controle coletados devem ser inseridos em um arquivo ASCII chamado ‘attitude.data’, com as seguintes modificações:

\$> kate attitude.data

```
17          /* satid */
070604131633      /* yymmddhhmmss */
G          /* Satellite (S) or Geographic (G) */
1          /* osculating switch */
2          /* Number of landmarks */
-23.207002,-46.755469,-23.167758,-46.775000
-22.471127,-52.321875,-22.422065,-52.321875
```

Definições necessárias:

Identificador do satélite : alterar o identificador do satélite na linha 1;

TAOS : alterar o TAOS: data e hora da passagem na linha 2;

Nº Pontos de Controle : alterar o número de pontos de controle na linha 5;
 Pontos de controle : inserir os pontos de controle, a partir da linha 6,
 seguindo a ordem:

lat_imagem, lon_imagem, lat_mapa, lon_mapa, onde 'imagem' refere-se à imagem candidata e 'mapa' refere-se à base cartográfica precisa utilizada.

O valor de TAOS pode ser encontrado a partir da leitura do cabeçalho do arquivo 20070604_1315_n17_sp_previa.4, gerado pelo script **navbase**, conforme segue:

```
$> head -5 20070604_1315_n17_sp_previa.4
```

```
x950 y750 lat-22.530000 lon-48.650000 range7.432432
ref10.000000 ref20.000000 ref30.000000 ref40.000000
dlat0.743243 dlon0.941441 pe gg grid map taos07/06/04 13:16:33
sat-27453 NOAA-17
ULlt-018.79 ULln-053.36 URlt-018.79 URln-043.95
LRlt-026.25 LRln-043.95 LLlt-026.25 LLln-053.36 end
```

Corrigindo a imagem por meio dos pontos de controle

Uma vez coletados os pontos de controle, o script **navbase** deve ser executado novamente, desta vez informando-se o nome do arquivo 'attitude.data' como segundo parâmetro, conforme o exemplo:

```
$> navbase 20070604_1315_n17.l1b attitude.data
```

Arquivos gerados: 20070604_1315_n17_sp_base_247.tif, no diretório
 'saida'
 20070604_1315_n17_sp_base.4, no diretório corrente

A execução do script **navbase** com o parâmetro 'attitude.data' permite que a imagem seja georreferenciada considerando os erros de atitude do satélite no momento de sua passagem. É esperado que a imagem de saída apresente erros de posicionamento de no máximo um pixel. Quando esse parâmetro está presente, o nome da imagem de saída é alterado de 'previa' para 'base'.

Precisão do georreferenciamento da imagem base

Uma vez gerada uma imagem base é necessário checar a precisão do georreferenciamento. Sugere-se abrir a imagem '20070604_1315_n17_sp_base_247.tif' em qualquer software de processamento de imagens e sobrepor o vetor UF (uf.shp) à ela. Caso a imagem gerada não apre-

sente bons resultados, a coleta de pontos de controle deve ser refeita sobre a imagem não corrigida '20070604_1315_n17_sp_previa_247.tif'. Se a imagem apresentar bons resultados, está pronta a base, cujo nome '20070604_1315_n17_sp_base.4' deve ser informado no script principal, conforme descrito no item 3.4.1.

Embora haja a recomendação para o uso de quatro imagens base, uma para cada estação do ano, o NAVLivre pode ser executado com apenas uma das quatro bases. Para tanto, o usuário deve informar o mesmo nome da imagem base nos campos 'primavera', 'verao', 'outono' e 'inverno' do script **navlivre**.

3.4.3 Procedimentos para geração da máscara terra-água

A máscara terra-água é uma imagem binária que visa restringir às áreas terrestres na busca automática por pontos de controle realizada pela MCC, no processo de georreferenciamento automático e preciso. A geração dessa máscara é simples, bastando ao usuário executar o script **mascara_terra_agua** e definir dois argumentos de entrada: o nome da imagem base e o nome da máscara a ser gerada. No exemplo do Estado de São Paulo, a máscara pode ser gerada a partir do comando:

```
$> mascara_terra_agua 20070604_1315_n17_sp_base.4 mascara_sp.img
```

A imagem gerada é do tipo *byte*, cujo valor das áreas terrestres será maior que um e as demais áreas cobertas por oceanos, lagos, rios e outros corpos d'água terão valor igual a zero. O nome desta imagem deve ser informado no campo 'mascara', dentro do script **navlivre**.

Nesse procedimento de geração da máscara terra-água, o sistema NAVLivre faz uso do produto MOD44W, disponibilizado pelo Land Processes Distributed Active Archive Center (LP-DAAC), da NASA.

3.4.4 Configuração do arquivo mp.seed

Esse arquivo tem formato ASCII e contém parâmetros utilizados pela MCC. No arquivo mp.seed, apenas a primeira linha deve ser alterada e é, também, quando deve ser informado o número de linhas e colunas do recorte adotado. No exemplo a seguir é mostrado o arquivo mp.seed configurado

para o recorte do estado de São Paulo, composto por 950 colunas e 750 linhas.

\$> kate mp.seed

```
950, 750      <xsize>, <ysize>
30,30        <box width>, <box height>
10           <range>
2, 3         <skip value>, <post skip range>
0, 0         <sub value>, <sub range>
15           <overlap>
2700, 3200   <min>, <max>
30.77        <time difference>
1.1          <resolution>
2h           <image type>
y            <buffer option>
```

3.5 Atualizações necessárias do pacote NAVLivre

3.5.1 Atualização do arquivo de efemérides

O arquivo de efemérides fica localizado no subdiretório NAV e contém informações orbitais utilizadas no processo de georreferenciamento das imagens NOAA. Periodicamente, o arquivo deve ser atualizado para receber novas informações das órbitas das plataformas NOAA, caso contrário a qualidade do georreferenciamento é afetada. A atualização é feita via FTP a partir de um servidor da Universidade do Colorado, por meio da execução do script **wgetccar**, localizado no diretório NAVLivre. A atualização não deve ser realizada durante a execução do programa NAVLivre.

\$> wgetccar

O usuário pode automatizar a atualização do arquivo de efemérides por meio do **crontab**, um aplicativo para agendamento de tarefas no ambiente Linux. No exemplo a seguir, é configurado o agendamento da execução do script **wgetccar** diariamente, às 8h30min:

\$> crontab -e

```
SHELL=/bin/csh
```

```
# Atualização do arquivo ephemeris do NAVLivre
30 08 * * * /home/noaa/NAVLivre/wgetccar >& /home/noaa/
NAVLivre/logwgetccar
```

3.5.2 Atualização dos coeficientes de calibração

O módulo de calibração radiométrica aplica automaticamente uma correção sobre os coeficientes de pré-lançamento (versão III), baseada nos dias após o lançamento dos satélites NOAA-16, 17 e 18.

Periodicamente, a refletância medida no lançamento do satélite NOAA (*Constant*) e a taxa de degradação linear (*Deg. Rate*) do sensor AVHRR são disponibilizados pela NOAA em: http://www.orbit.nesdis.noaa.gov/smcd/spb/fwu/solar_cal/Op_Cal_AVHRR/Op_Cal_AVHRR.html, conforme mostra a Figura 5.

Date	0.0917%	-0.1915	0.4957	0.5336	-68.28	37.56	1.0065	0.05578	-2.232	0.1638	-56.34
11/27/2007	0.0917%	-0.1915	0.4957	0.5336	-68.28	37.56	1.0065	0.05578	-2.232	0.1638	-56.34
12/26/2007	0.0957%	-0.1967	0.4851	0.5235	-67.93	37.54	1.0068	0.05580	-2.233	0.1638	-56.36
01/29/2008	0.0982%	-0.1868	0.5007	0.5344	-69.54	37.48	1.0086	0.05589	-2.237	0.1641	-56.46
02/26/2008	0.0986%	-0.1849	0.5028	0.5357	-69.81	37.45	1.0094	0.05594	-2.239	0.1642	-56.51
03/27/2008	0.0980%	-0.1891	0.5023	0.5368	-69.37	37.42	1.0101	0.05598	-2.240	0.1643	-56.54
04/29/2008	0.0978%	-0.1904	0.5033	0.5381	-69.28	37.40	1.0108	0.05602	-2.242	0.1645	-56.58
05/27/2008	0.0954%	-0.2005	0.5186	0.5560	-68.86	37.40	1.0106	0.05601	-2.241	0.1644	-56.57
06/25/2008	0.0943%	-0.2022	0.5272	0.5646	-69.02	37.39	1.0110	0.05603	-2.242	0.1645	-56.59
07/29/2008	0.0945%	-0.2030	0.5256	0.5634	-68.88	37.36	1.0119	0.05608	-2.244	0.1646	-56.64
08/26/2008	0.0945%	-0.2050	0.5237	0.5624	-68.63	37.32	1.0128	0.05613	-2.246	0.1648	-56.69
09/30/2008	0.0939%	-0.1974	0.5222	0.5583	-69.29	37.31	1.0132	0.05615	-2.247	0.1649	-56.72
10/29/2008	0.0920%	-0.1844	0.5150	0.5471	-70.30	37.31	1.0132	0.05615	-2.247	0.1649	-56.71
12/01/2008	0.0906%	-0.1894	0.5204	0.5538	-70.00	37.29	1.0136	0.05617	-2.248	0.1649	-56.74
12/30/2008	0.0897%	-0.1890	0.5134	0.5471	-69.79	37.28	1.0140	0.05620	-2.249	0.1650	-56.76
01/27/2009	0.0917%	-0.1804	0.5133	0.5441	-70.63	37.23	1.0153	0.05627	-2.252	0.1652	-56.83
02/24/2009	0.0912%	-0.1832	0.5110	0.5429	-70.27	37.21	1.0159	0.05630	-2.253	0.1653	-56.87
03/31/2009	0.0884%	-0.2034	0.5177	0.5562	-68.56	37.22	1.0156	0.05629	-2.253	0.1653	-56.85
04/28/2009	0.0886%	-0.2028	0.5156	0.5541	-68.53	37.19	1.0164	0.05633	-2.254	0.1654	-56.90
05/26/2009	0.0937%	-0.1937	0.5021	0.5382	-68.90	37.14	1.0178	0.05641	-2.258	0.1656	-56.98
06/30/2009	0.0917%	-0.1942	0.4920	0.5289	-68.46	37.09	1.0191	0.05648	-2.260	0.1658	-57.05
07/28/2009	0.0927%	-0.1985	0.4847	0.5237	-67.73	37.05	1.0203	0.05654	-2.263	0.1660	-57.11
08/25/2009	0.0937%	-0.2062	0.4795	0.5219	-66.73	37.00	1.0216	0.05662	-2.266	0.1662	-57.19
09/29/2009	0.0936%	-0.2054	0.4790	0.5212	-66.79	36.97	1.0224	0.05666	-2.268	0.1664	-57.23
10/27/2009	0.0944%	-0.2115	0.4817	0.5261	-66.29	36.93	1.0235	0.05672	-2.270	0.1665	-57.29
11/24/2009	0.0922%	-0.2078	0.4504	0.4961	-65.24	36.95	1.0230	0.05669	-2.269	0.1665	-57.26
12/29/2009	0.0923%	-0.2083	0.4514	0.4972	-65.23	36.92	1.0238	0.05674	-2.271	0.1666	-57.31
01/26/2010	0.0939%	-0.2002	0.4681	0.5091	-66.85	36.86	1.0254	0.05683	-2.274	0.1669	-57.40
02/23/2010	0.0948%	-0.1934	0.4730	0.5110	-67.76	36.82	1.0268	0.05690	-2.277	0.1671	-57.47
03/30/2010	0.0952%	-0.1897	0.4741	0.5107	-68.20	36.78	1.0278	0.05696	-2.280	0.1672	-57.53
04/27/2010	0.0954%	-0.1882	0.4738	0.5098	-68.34	36.75	1.0286	0.05701	-2.281	0.1674	-57.58
05/25/2010	0.0959%	-0.1849	0.4699	0.5050	-68.52	36.71	1.0298	0.05707	-2.284	0.1676	-57.64
06/29/2010	0.0956%	-0.1870	0.4726	0.5082	-68.41	36.68	1.0304	0.05711	-2.285	0.1677	-57.68
07/27/2010	0.0962%	-0.1898	0.4672	0.5043	-67.89	36.64	1.0316	0.05717	-2.288	0.1679	-57.75
08/31/2010	0.0982%	-0.2048	0.4551	0.4991	-65.77	36.57	1.0336	0.05728	-2.292	0.1682	-57.86

Figura 5. Página da NOAA com a atualização dos coeficientes de calibração dos canais de energia refletida do sensor AVHRR.

Estes valores devem ser alterados nos respectivos arquivos de coeficientes `calibnew*.dat`, localizados no diretório `NAV/cal`. Os valores atualizados em 31 de agosto de 2010 do NOAA-17 referentes às bandas 1, 2 e 3A, são os seguintes:

```
$> kate calibnew17.dat
```

```
VISIBLE
```

```
37.8 39.5377 -0.0982
```

```
42.6 37.0112 -0.1194
```

```
66.9 59.2344 -0.2192
```

A calibração radiométrica das bandas 1 e 2 do NOAA-14 também é realizada automaticamente pelo software NAV, porém não é necessário atualizar mais nenhum parâmetro.

Para o NOAA-12 e 15 não é feita a calibração radiométrica das bandas 1 e 2, já que o horário de passagem de ambos os satélites tem baixa iluminação.

4 Agradecimentos

Os autores agradecem aos doutores William Emery e Daniel G. Baldwin, do Colorado Center for Astrodynamics Research, da Universidade do Colorado, pela cessão dos módulos NAV utilizados no pacote NAVLivre.



Informática Agropecuária

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



CGPE 8992